”Historia, Presente y Futuro de las Centrales Hidroeléctricas. Caso; Rincón del Bonete, las tecnologías y las personas”

Ing. Pablo Thomasset Trakalo

UTE, C.H. Rincón del Bonete,
río Negro, Paso de los Toros, Tacuarembó, URUGUAY



IMS 75th Anniversary



PES&IMS 35 años



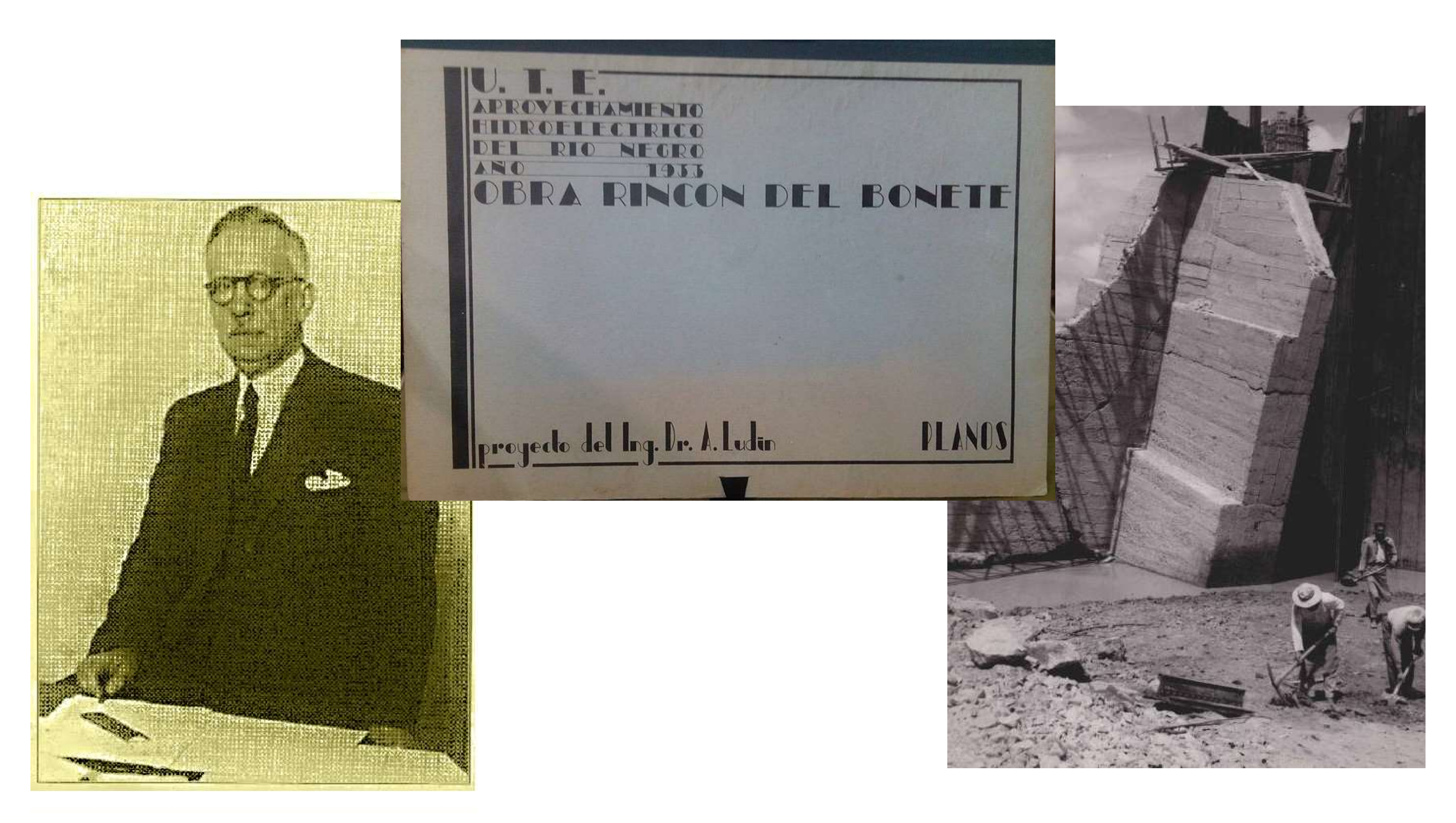
Hitos históricos

- . **Año 1904: Emprendimiento visualizado por el ingeniero uruguayo Victor Soudriers en la Revolución de 1904**
- . **Año 1933-36: Proyecto Ejecutivo del ingeniero alemán Adolfo Ludin (1929 y 1933) y licitación internacional (1935 y 1936)**
- . **1937-1940: Construcción Obra Civil por el consorcio alemán CONSAL (Siemens Baunnion, Voith, M.A.N., GEOPE Argentina)**
- . **1941: Tres inundaciones (5000 m3/s) catastróficas y la Segunda Guerra Mundial (falta de hierro y cobre) paralizan la obra**



PES&IMS
35 años




U. T. E.
APROVECHAMIENTO
HIDROELECTRICO
DEL RIO NEGRO
AÑO 1933
OBRA RINCON DEL BONETE
proyecto del Ing. Dr. A. Ludin
PLANOS

Hitos históricos

- . **1942: Expulsión de los alemanes,**
- . **1943: Consultora Harza Engineering adapta el proyecto electromecánico (pasamos de mm a “inches” pulgadas).**
- . **1944-1949: Montaje electromecánico por LA RIONE, General Electric, Morgan Smith Allis Chalmer y Westinghouse**
- . **1945   Inauguración 26 de Diciembre 1945**



PES&IMS
35 años

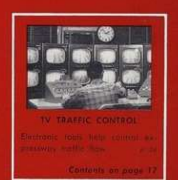




10999

MAY 10, 1962

ENGINEERING NEWS-RECORD



TV TRAFFIC CONTROL

Contents on page 17

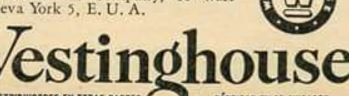
Harza Engineering: Top management is a plateau







En 1886 Westinghouse perfeccionó el primer transformador, que permitió establecer el sistema de corriente alterna. Observe el transformador moderno — un gigante de 96 toneladas que representa medio siglo de evolución hacia la perfección.



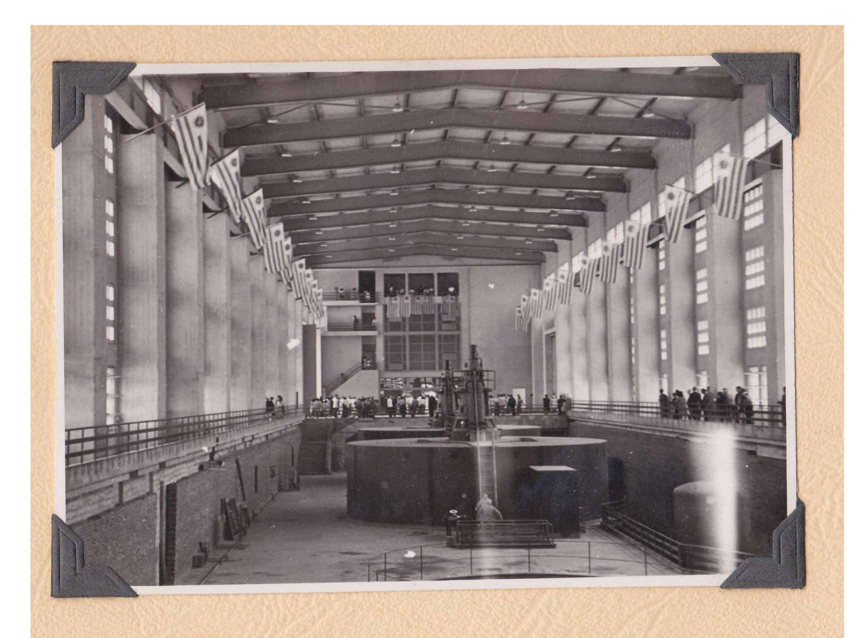
Hitos históricos

- **. 1945 Operación por UTE**
- **. 1959: Inundaciones de Abril 1959, Sala de Máquinas, y Evacuación de Paso de los Toros**
- **. 1960-61: Recuperación Bobinado U3, y renovación bobinados U1, U2 y U4**
- **. 1988-1991: Proyecto y licitación de Renovación C.H. Dr. Gabriel Terra (RGT)**

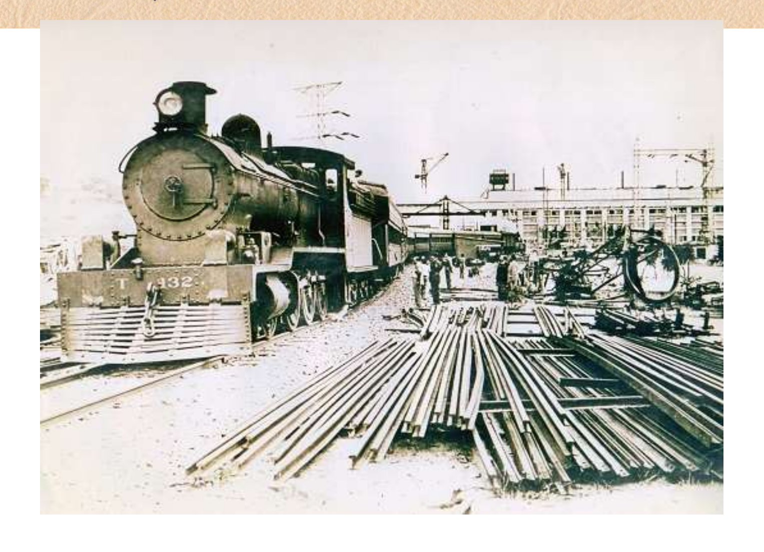


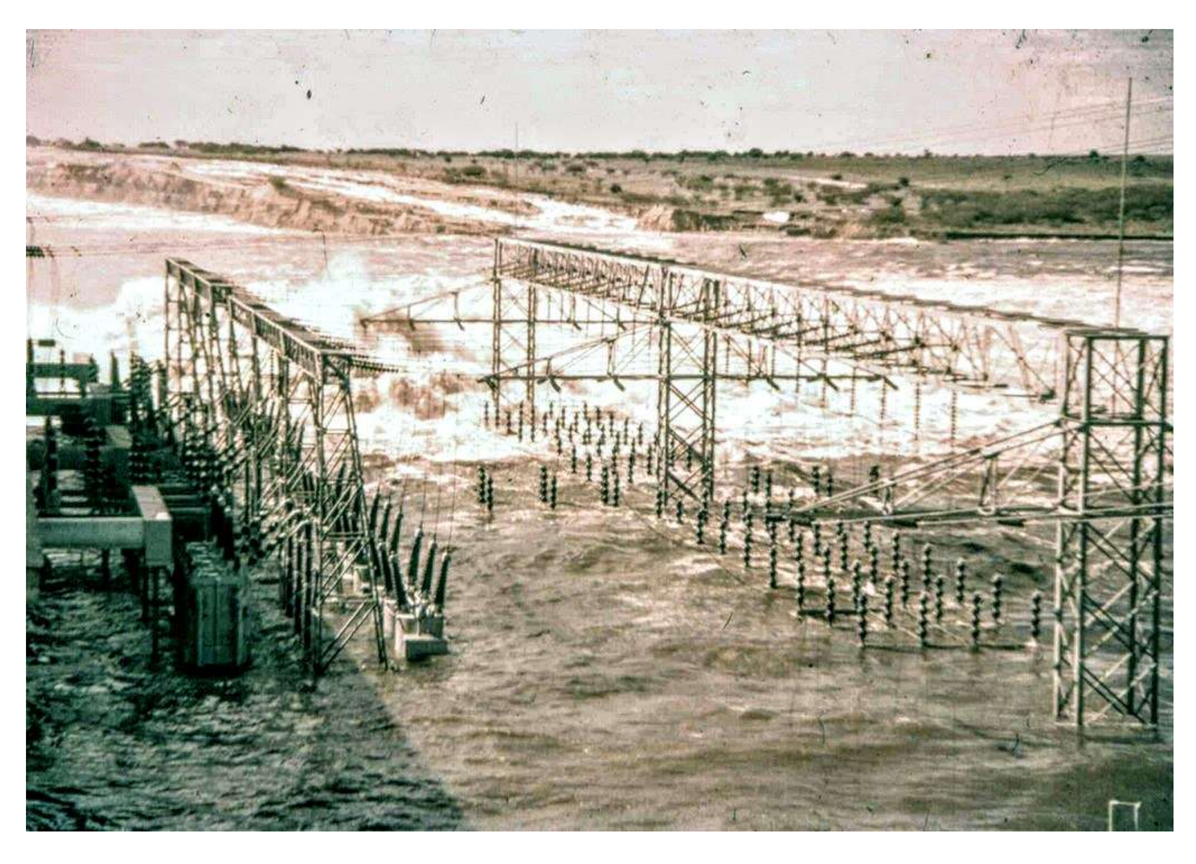
PES&IMS
35 años





Vista general de la sala de máquinas tomada desde el lado este.





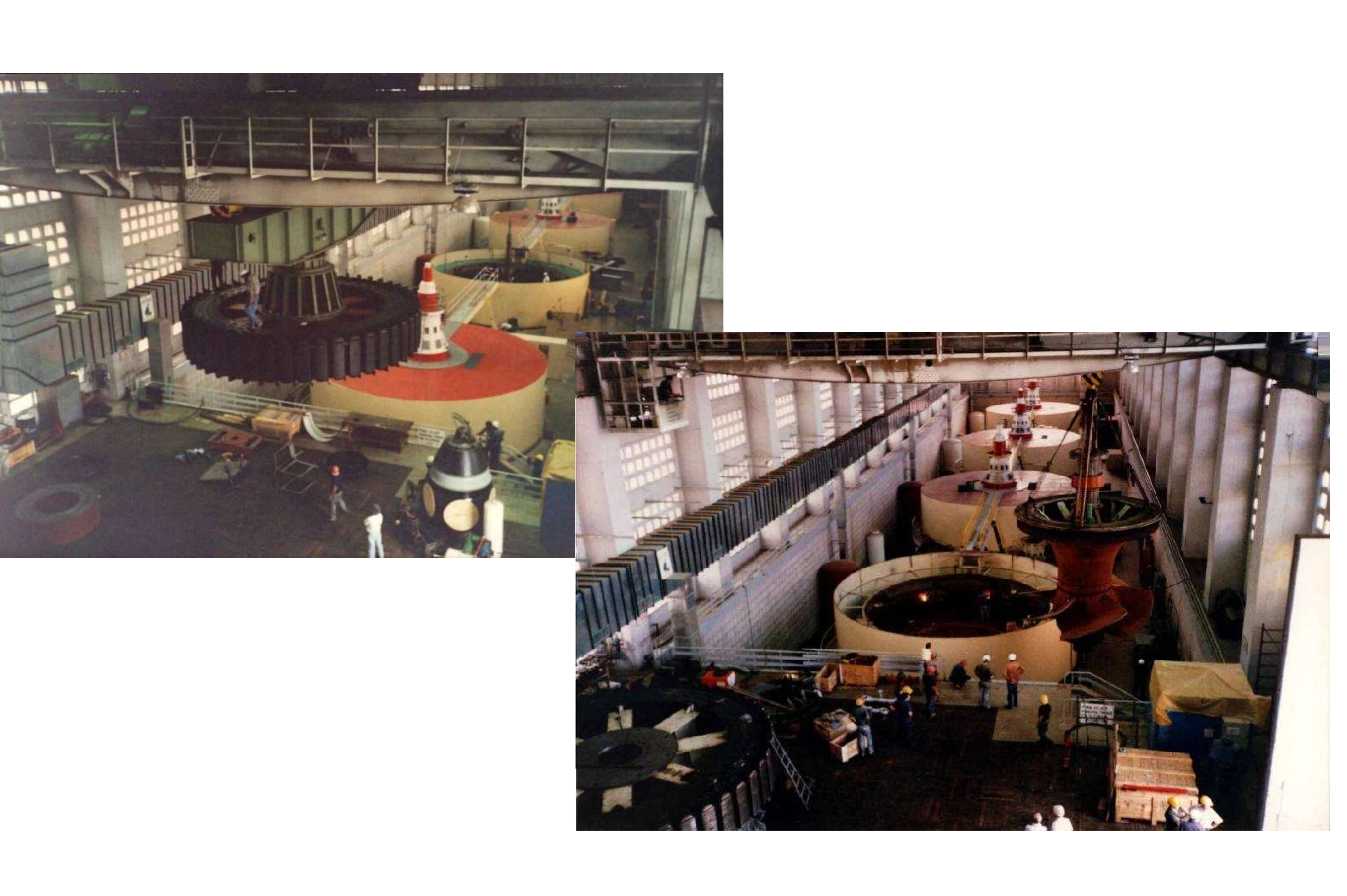
Hitos históricos

- . 1993-1997: Obra de Renovación RGT por el Consorcio Uruguayo-Frances
- . 2005-2025: Nuevo SCADA Mirage, Actualización Disyuntores y Seccionadores 150KV, Reguladores de Velocidad, Auxiliares 125VCC y 250 VCC
- . 2018: la Central pasa a ser 100% telemandada con una Guardia de Cercanía local



PES&IMS
35 años





FICHA TECNICA ELECTROMECANICA

- **Potencias: 4x38MW, 4x40 MVA,**
- **Tensión MT-AT: 13,8KV-150KV**
- **Eje Vertical de 125 RPM, 50 Hz**
- **Caída de Agua H 16..26 metros,**
- **Embalse 72.00 .. 86.00 m (3 meses de operación a plena carga)**



PES&IMS
35 años



einer der 4 Turbinen für die Anlage

Rincon del Bonéte
am Rio Negro

Gefälle 32 m, Wassermenge 176 m^3/s

n = 136 Umdr./min, N = 45000 PS

- 1942 -

Chapa de la carcasa espiral. Las caracteristicas que allí se indican, corresponden a las turbinas alemanas que finalmente no fueron instaladas en Rincón del Bonete.-

12272



VIDA UTIL ESPERADA (HASTA UN MANTENIMIENTO MAYOR O REEMPLAZO)

- > 100 años la Obra Civil
- > 100 la Turbina (Francis, Kaplan)
- > 50 años el Alternador (aislamiento Clase F)
- > 50 años la Zona Sumergida
- > 30 años la electrónica analógica
- > 10 años el Hardware Número (PLC, DCS, PCs industriales)
- > 5 años el Software, Sistemas Operativos (W3.11 hasta hoy W10, W11)






04/05/2013 15:43

VIDA UTIL NO SOLAMENTE DETERMINADA POR LA TASA DE FALLA (CURVA DE LA BAÑERA)

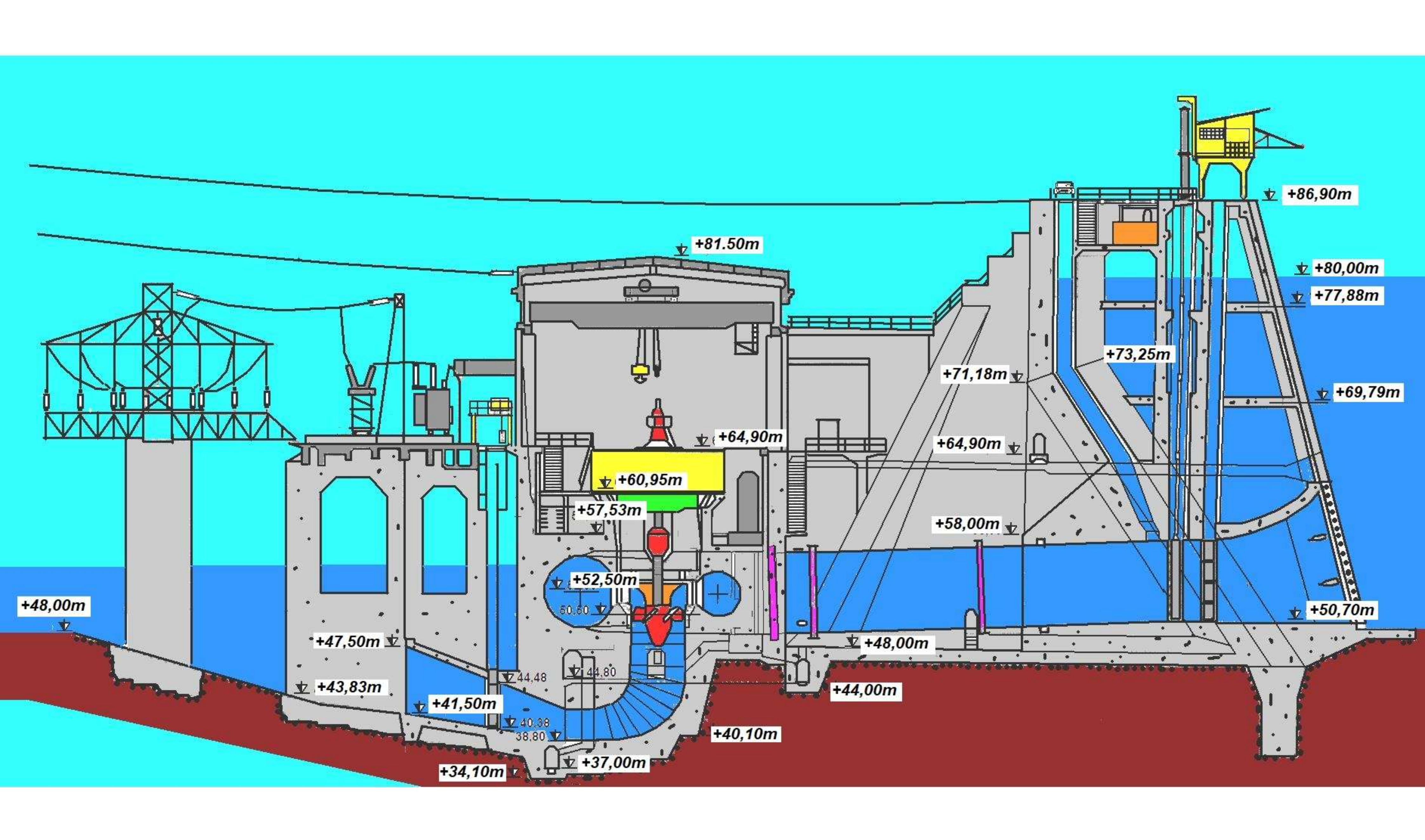
- **suministro de repuestos**
- **soporte técnico**
- **posibilidad de actualizaciones hardware y software**
- **proveedor cerro la empresa o cambio de rubro**
- **al proveedor no le interesa vender a Uruguay**
- **tecnología obsoleta en los conocimientos del proveedor y el operador/mantenedor**

- **La conclusión con el tiempo ha sido NO PROCASTINAR en los cambios tecnológicos.**



PES&IMS
35 años




+86,90m
+81.50m
+80,00m
+77,88m
+73,25m
+71,18m
+69,79m
+64,90m
+64,90m
+60,95m
+57,53m
+58,00m
+52,50m
50,50
+50,70m
+48,00m
+47,50m
+48,00m
44,48
44,80
+43,83m
+44,00m
+41,50m
40,38
38,80
+40,10m
+37,00m
+34,10m

EVOLUCION TECNOLOGICA DEL COMANDO Y CONTROL DE LAS CENTRALES HIDROELECTRICAS

- **Año 1900..1950 Equipos electromecánicos; servomotores, motores eléctricos, interruptores, reles de bobina y contactos, controles oleo-hidráulicos (aceite a presión) y neumáticos (aire a presión)**
- **Año 1950..1980 Equipos con electrónica analógicas (Válvulas de Vacío, Amplificadores Magnéticos, Sincro-Selsyn, Transistores, Diodos, Tiristores, Amplificadores Operacionales, TTL, CMOS discretos)**
- **Año 1990..2010 Equipos con electrónica numérica o software customizados (PLC propietarios o comerciales)**
- **Año 2010 …hoy Equipos con soluciones DCS (Distributed Control Systems)**



PES&IMS
35 años





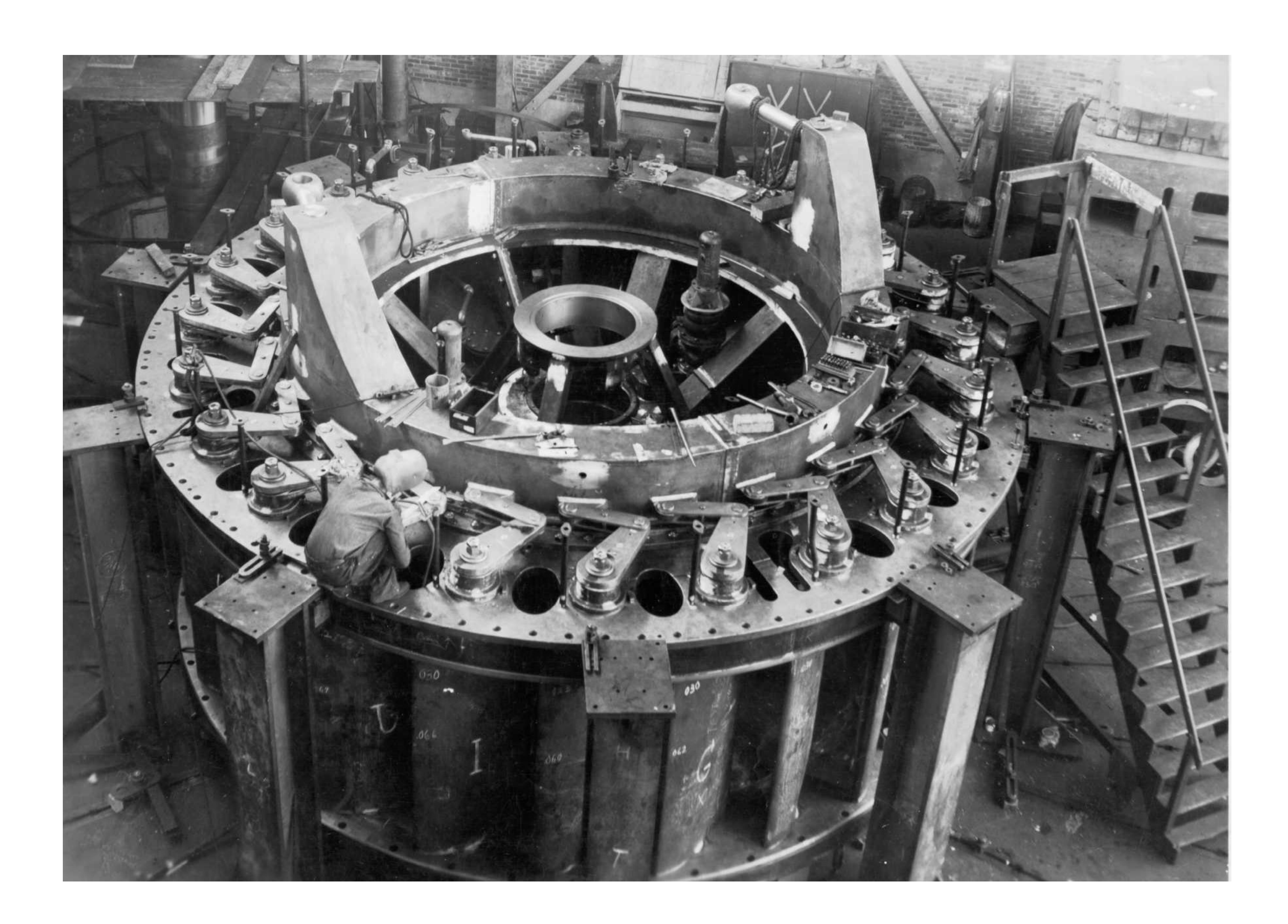
GRANDES HITOS EN LA EVOLUCION TECNOLOGICA EN RINCON DEL BONETE

- 1.- 1945 en la Inauguración de Diciembre 26 1945
- Regulador de Velocidad: Oleo-hidráulico la potencia que mueve Palas Kaplan y SERVOS de 24 compuertas de los 4 Distribuidores, y control automático resuelto con varillaje electromecánico
- Regulador de Tensión: Campo del rotor energizado desde Excitatriz principal y piloto rotante sobre el eje a 125 RPM, y control automático resuelto con reóstato motorizado
- Tablero de Arranque/Parada: Mímico 100% manual con 2 operadores en Sala de Turbinas y 2 en Sala de Mando, mas un Jefe de Turno



PES&IMS
35 años





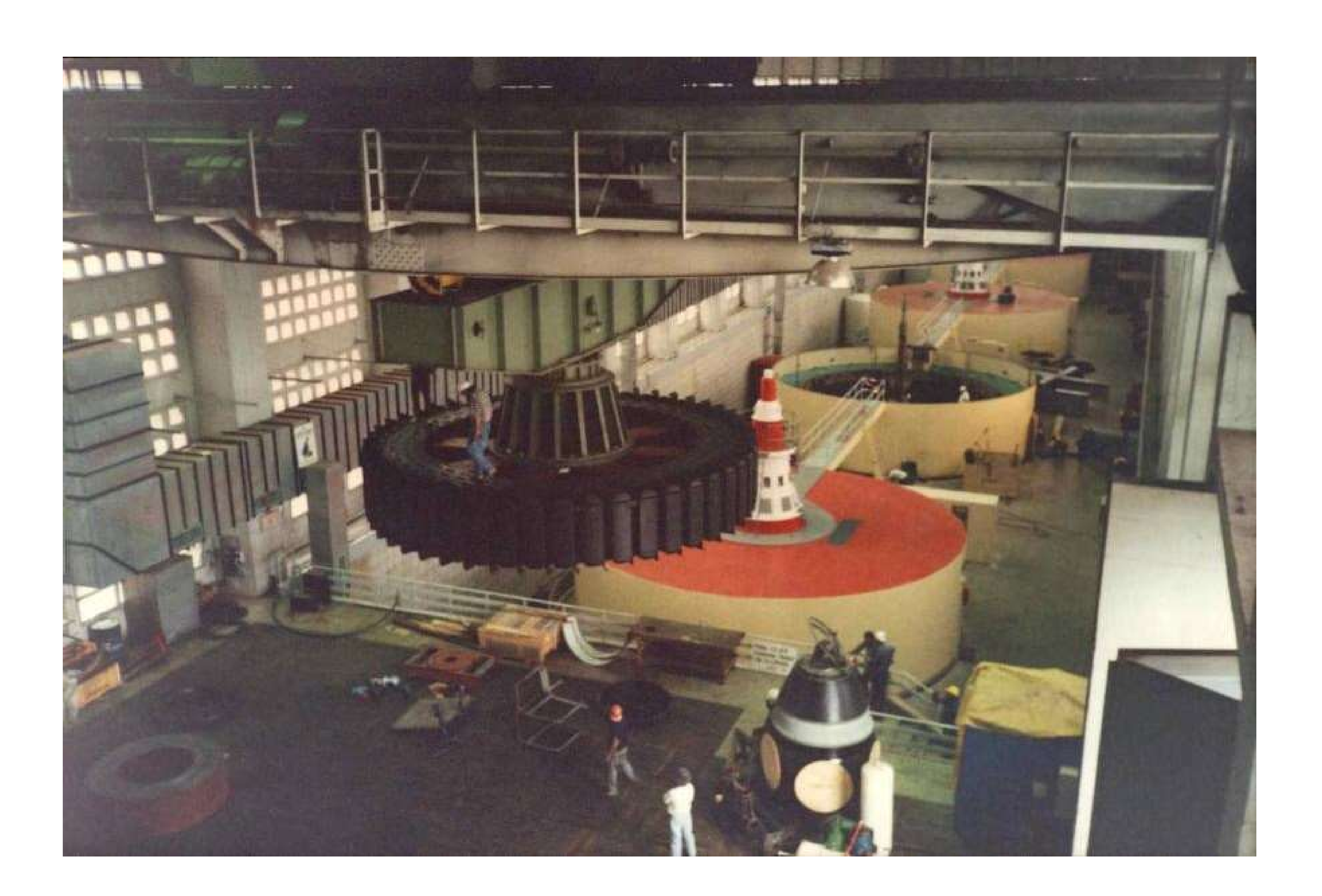
GRANDES HITOS EN LA EVOLUCION TECNOLOGICA EN RINCON DEL BONETE

- 2: 1995 en la RGT (Renovación Gabriel Terra)
- Regulador de Velocidad: DIGIPID+LARRY 64, CPU Motorola 6800, y potencia oleo-hidraulica de Neyrpic
- Regulador de Tensión: Excitatriz Estática con Dos puentes de tiristores de 1000 A, y control automático analógico de GEC EGT (European Gas Turbines)
- Tablero de Arranque/Parada: Automatico resuelto 1000% con reles electromecánicos de 4 contactos inversores y bobinas de 125 VCC,
- Sala de Mando: SCADA Wizcon y RTUS Siemens S5 + Modulos E490 Oscillostore



PES&IMS
35 años





GRANDES HITOS EN LA EVOLUCION TECNOLOGICA EN RINCON DEL BONETE

- **3.- Hoy año 2025 a 30 años de servicio de la RGT**
- **<u>Regulador de Velocidad:</u>   EMERSON OVATION año 2018, DCS (Distributed Control System) redundante**
- **<u>Mando Local:</u> reles electromecánicos 1995 + HMI de Secoin actualización de Mandos de Botoneras manuales**
- **<u>Sala de Mando:</u> SCADA Mirage y RTUs 587 de Controles S.A. (año 2006), Monitoreo de Condición SKF (año 2007),**



PES&IMS
35 años





¿Existe una filosofía de Central Hidroeléctrica?
Un KNOW-HOW HYDRO

- **¡CLARO QUE SI!** Y podemos resumir la "filosofía" de la instalación, desde la operativa y mantenimiento en;
- . **¡REDUNDANCIA!** Sistemas y Equipos con redundancia doble o triple (N+1, N+2).
- . **¡CONTINGENCIAS!** Mínimo cubrimos hasta "2da CONTINGENCIA", y "3ra CONTINGENCIA" es lo ideal.
- . **¡REPUESTOS!** (2 Un de cada tipo, 20% de consumibles/fungibles, o 1Un juego completo de cada sistema de una Unidad o Grupo generador y turbina)



PES&IMS
35 años



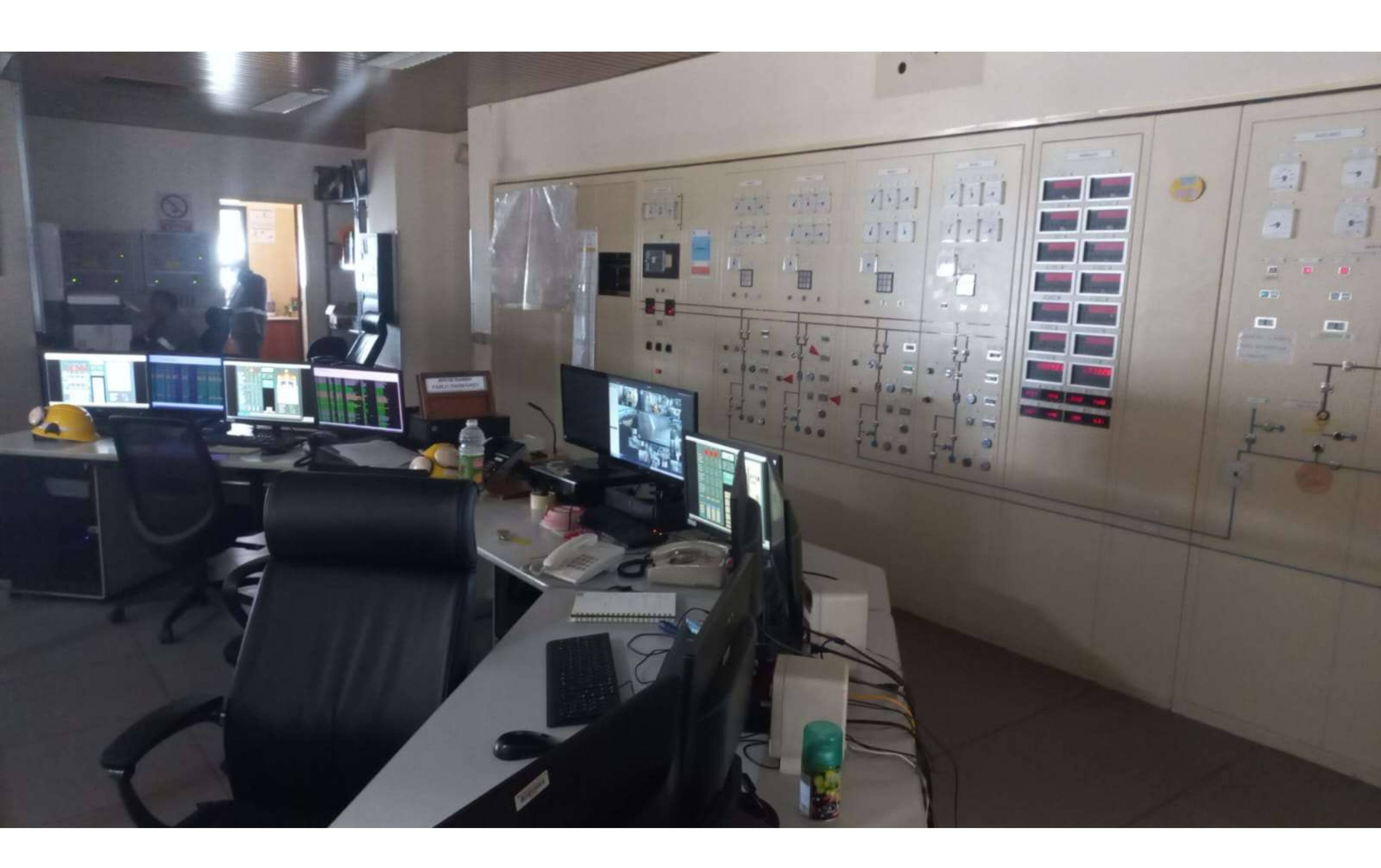

URUGUAY
Día del Patrimonio
ute
Patrimonio

- . **FILOSOFIA DE PROTECCIONES** ¿salvar el servicio o salvar la maquina?
- **“ESTADO SEGURO” emitido a “FALTA DE 125VCC”;** Compuerta de Toma, Cierre del Distribuidor y Rodete Kaplan, Apertura del Disyuntor de 150KV y Excitación o Campo del Rotor.
- . **INDEPENDENCIA ENTRE SISTEMAS** (Comando y Control, Protecciones, Regulación Velocidad y Tensión/Excitación, SCADA, Monitoreo de Condición)
- . **¡REALIZANDO PILOTOS!** Renovaciones y proyectos siempre con proyecto/montaje “piloto “ previo



PES&IMS
35 años





- . **¡DOCUMENTAR!** procedimientos, mantenimientos, proyectos, planos y dibujos, antecedentes de toda mejora, planificación documentada, y su implementación.
- . **ACTUALIZACIONES PERIODICAS,** con énfasis en las TICs en el Comando y Control, cada 5..10 años
- . **SCADA y Monitoreo de Condición**, umbrales alarmas 70..80% de la magnitud de su estado critico
- . **PLANES DE CONTINGENCIA, ENSAYOS, SIMULACROS**



PES&IMS
35 años








U1
U2
U3
U4
PC

- . **ENCLAVAMIENTOS y SEGURIDADES**, muy importante y vital !!
- **Pero hoy por hoy NO ESTA** esta en los estándares internacionales; IEC/CEI/ISO o ANSI/IEEE) como armar el "esquema de enclavamiento" o plan de seguridades de máquina.
- . **NORMAS – ESTANDARES**, Normalizar y emplear estándares internacionales; ASME/ANSI/IEEE, IEC/CEI, EDF, Bureao of Reclamation, EPRI, Corps of Engineering, NFPA,
- . **FALLAS HUMANAS**, en la Operación y el Mantenimiento, ¿son evitables? Orden y limpieza físico y virtual, planificación
- . **MANTENIMIENTO DE LA PLANTA**, del "mayor overhaul" pasamos al Mantenimiento Predictivo y con intervenciones Programadas

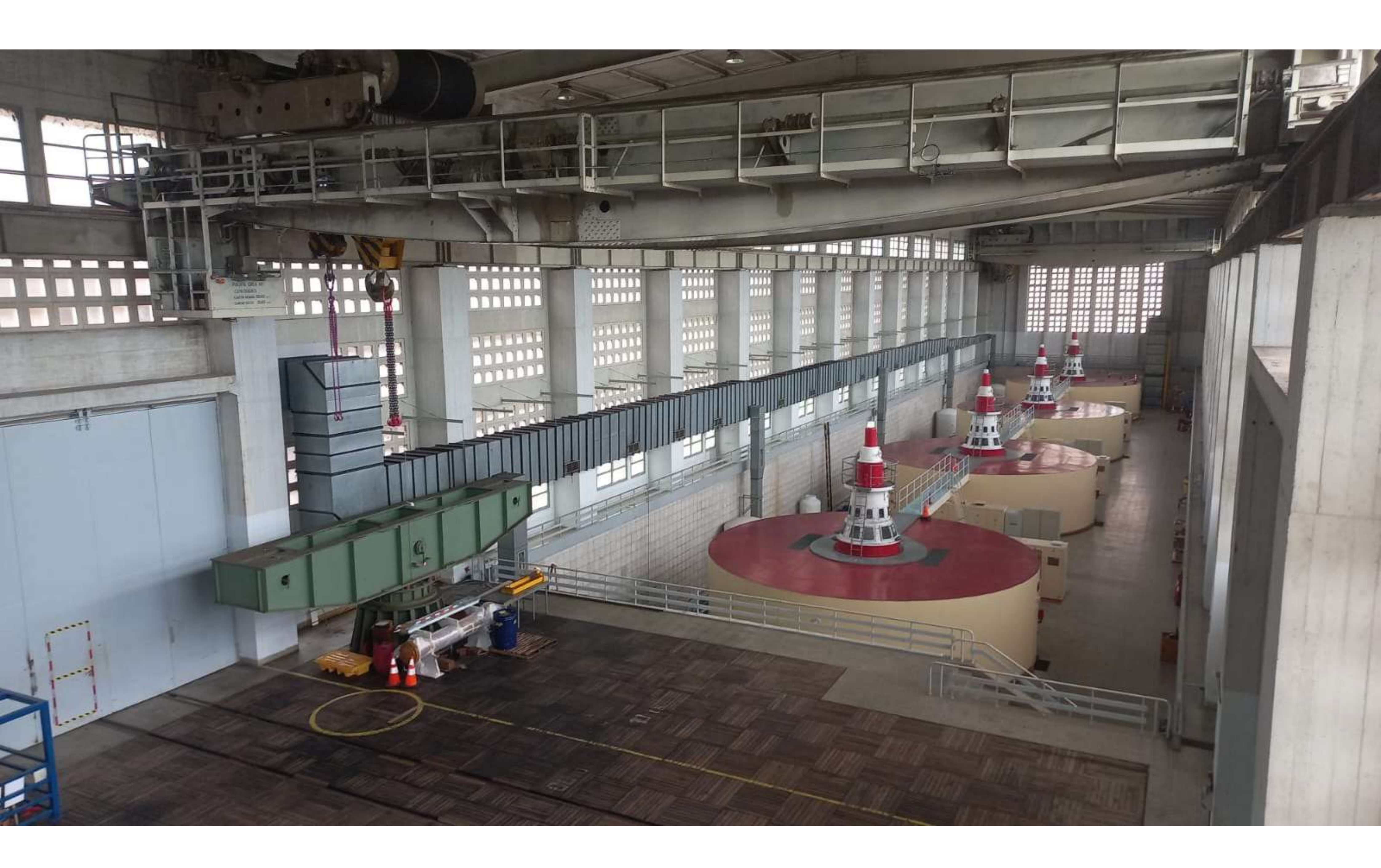


PES&IMS
35 años




U1
PIA 1


U1





CONCLUSIONES .. ¿?

- **La migración del "mundo papel" al "mundo digital", ha provocado que las nuevas generaciones desconozcan todo lo hecho previamente en el mundo anterior analógico.**
- **La tecnología hydro desde 1900 a 2000, son 100 años de conocimiento que se estaría perdiendo. En los documentos papel a datos, y lo más importante en las personas.**





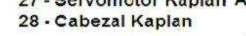


- FIM -


IMS 75th
Anniversary
75
YEARS
IEEE
INSTRUMENTATION
& MEASUREMENT
SOCIETY


PES&IMS
35 años
IEEE
URUGUAY
PES
&
IMS

1 - Reja
2 - Toma de agua
3 - Cierre de servicio
4 - Compuerta de toma
5 - Conducción forzada
6 - Cámara espiral
7 - Turbina
8 - Alternador
9 - Difusor
10 - Cierre del difusor
11 - Pórtico de toma de agua 12 ton
12 - Puente grúa 130 ton
13 - Pórtico aguas abajo 15 ton
14 - Servomotor de la compuerta de toma
15 - Playa de transformadores 13,8/150KV
16 - Estación de 150KV
17 - Interruptor de 150KV
18 - Sala de Maquinas
19 - Galeria de rodetes
20 - Galeria de vaciado
21 - Galeria de achique de Contrafuertes



22 - Galeria de inspección de vertedero y dique
23- Galeria de cables
24 - Puente carretero
25 - Chimenea de descarga de
26 - Sala de Bombas
27 - Servomotor Kaplan Ariete
28 - Cabezal Kaplan

Volumen del embalse: total (nivel 80,00 m) 8 800 hm^3

(SOLO EN DIQUE)

Caudal por máquina 144/168 m^3/s
Potencia total alternadores 152 MW
Potencia aparente nominal 40 MVA
Tensión nominal entre fases 13,8 KV
Corriente nominal 1.673 A
Frecuencia nominal 50 Hz
Número de revoluciones 125 min^{-1}

1 Carcaza del Generador
2 Cabezal Kaplan
3 Cojinete Guia Superior
4 Cojinete Guia Inferior
5 Cojinete de Empuje
6 Cojinete Guia de Turbina
7 Servo de Palas
8 Servo del Distribuidor
9 Rodete
10 Distribuidor
11 Caja Espiral
12 Sumidero

PRESA Y CENTRAL HIDROELECTRICA "DR. GABRIEL TERRA"

UTE


UTE
Club Atlético
Bonete
1812-1818
Paso de los Toros
Lucharon desnudos y mal armados